L'eau atmosphérique : une ressource alternative pour la production d'eau destinée à la consommation humaine ?

G. Bornert[a], L. Boukbir[b], F. Calvet[a], M. Jaafar[c], P. Bornert[d]

a Direction régionale du Service de santé des armées de Saint-Germain-en-Laye, base des Loges, 8 avenue du Président Kennedy, BP 48202 – 78102 Saint-Germain-en-Laye Cedex.
b Laboratoire de contrôle et de sécurité alimentaire, 1er chenil des forces armées royales, Benslimane (Maroc).
c Laboratoire militaire d'analyses alimentaires Ras Tabia, Tunis (Tunisie).
d ENV Alfort – 7 avenue du Général de Gaulle – 94704 Maison-Alfort.

Article reçu le 21 juin 2013, accepté le 1er avril 2014.

Résumé

La rareté des ressources en eau dans de nombreuses régions du monde, accentuée dans le contexte actuel de réchauffement climatique, encourage la recherche de solutions alternatives pour assurer l'alimentation en eau des populations. L'exploitation de l'eau atmosphérique apparaît désormais comme une option réaliste. Il s'agit essentiellement d'assurer la condensation de la vapeur d'eau, soit de manière passive dans des collecteurs de rosée, soit de manière active au moyen de dispositifs assez largement comparables à des climatiseurs. La collecte de rosée est à considérer comme une solution d'appoint, dont la productivité demeure limitée, mais économiquement viable et susceptible de répondre aux besoins des populations les plus défavorisées. Pour une production d'eau à plus grande échelle, les condenseurs de vapeur d'eau atmosphérique sont proposés, dont l'utilisation n'est possible que dans la mesure où le taux d'hygrométrie de l'air est suffisant. De nombreux développements existent pour ces équipements, avec des applications militaires qui intéressent le ministère de la Défense. Leur pertinence est à étudier au cas par cas, en fonction de la climatologie et de l'hydrologie du site pour lequel ils sont destinés.

Mots-clés : Armées. Brouillard. Condensation. Eau. Rosée. Vapeur.

Abstract

ATMOSPHERIC water: AN ALTERNATIVE WATER RESOURCE FOR HUMAN CONSUMPTION?

The scarcity of water resources in numerous regions in the world, made worse in the current context of global warming, encourages the search for alternative solutions to supply populations with water. Exploiting atmospheric water now seems a realistic option. It is essentially about making water vapor condense, whether passively in dew collectors, or actively with rather large devices comparable to air-conditioning systems. Dew collection is to be regarded as a back-up solution, and its productivity remains low. However it is economically sustainable and might meet the needs of the most vulnerable populations. Atmospheric water condensing devices are proposed for a larger scale water production. However, they can only be used when air hygrometry is sufficient. Various developments do exist for those equipments, with military applications which may be of interest for the Ministry of Defense. Their relevance has to be studied case by case, with regards to both the climatology and hydrology on the sites for which they are designed.

Keywords: Armies. Condensation. Dew. Fog. Vapor. Water.

Introduction

L'eau est indispensable à la vie et essentielle aux activités humaines, agricoles et industrielles. Selon le Haut-commissariat des Nations-Unies aux réfugiés (1), le minimum d'apport en eau pour la survie d'un être humain consiste en un volume quotidien de sept litres par jour, pour des périodes courtes, voire deux à trois litres si

G. BORNERT, vétérinaire en chef, professeur agrégé du Val-de-Grâce. L. BOUKBIR, vétérinaire capitaine (Forces armées royales du Maroc), praticien confirmé. F. CALVET, vétérinaire principal (TA). M. JAAFAR, vétérinaire commandant, praticien confirmé. P. BORNERT, étudiant vétérinaire.
Correspondance : Monsieur le vétérinaire en chef G. BORNERT, Direction régionale du Service de santé des armées de Saint-Germain-en-Laye, base des Loges, 8 avenue du Président Kennedy, BP 48202 – 78102 Saint-Germain-en-Laye Cedex.
E-mail : bornert.gilles@aliceadsl.fr

l'on s'en tient à l'eau de boisson (2). Cette valeur est portée à quinze à vingt litres par personne et par jour sur le moyen terme. En situation de confort, la consommation d'eau se situe plutôt à 150 litres par personne et par jour.

La production d'eaux destinées à la consommation humaine consiste habituellement à exploiter une masse d'eau douce présente dans le milieu naturel. Il s'agit essentiellement de ressources superficielles, lacs ou rivières, ou profondes, accessibles via un puits ou un forage. L'utilisation de l'eau de mer, ressource inépuisable, demeure une solution coûteuse, impliquant une technologie lourde pour en assurer le dessalement. Elle ne constitue donc une option acceptable que pour les pays riches, en zone littorale (3). Ressource très abondante en apparence sur notre « planète bleue », l'eau réellement disponible pour la consommation humaine est à la fois de plus en plus rare et très inégalement répartie en fonction des régions du monde. Le réchauffement climatique est à l'origine d'une accélération de la désertification (4), qui contribue à aggraver une pénurie de plus en plus ancrée dans le quotidien de l'humanité. L'activité humaine vient parfois compliquer une situation naturelle difficile, en particulier par le détournement de cours d'eau (3).

La recherche de solutions alternatives pour produire de l'eau est devenue une réelle priorité pour les pouvoirs publics. Lorsque les ressources classiques se font rares, l'une des approches de remplacement consiste à capter l'eau présente dans l'atmosphère. Des solutions technologiques fondées sur ce principe voient le jour actuellement, dont l'intérêt pratique ne doit pas être négligé, en particulier dans une perspective opérationnelle.

L'eau atmosphérique : une ressource pour la production d'eau potable ?

La raréfaction ou même l'absence de ressources en eau classiques dans de nombreuses régions du monde a motivé différents travaux de recherche, visant à identifier des approches alternatives pour la production d'eau. Ainsi, l'armée des États-Unis a mis au point un équipement permettant de produire de l'eau par combustion d'hydrocarbures, solution performante mais trop coûteuse au vu du prix du pétrole. La Chine a développé des méthodes de déclenchement artificiel de pluies pour lutter contre la sécheresse, au moyen de fusées, de canons et de techniques d'« ensemencement » des nuages à l'aide d'iodure d'argent (5).

Parmi les options d'avenir économiquement viables, l'utilisation de l'eau atmosphérique semble prometteuse. Les approches techniques dans ce domaine sont relativement variées, dès lors que l'eau peut être présente sous différents états dans l'atmosphère et collectée selon divers mécanismes.

États de l'eau dans l'atmosphère

L'eau est présente dans l'atmosphère soit sous forme de gouttelettes d'eau liquide, formant des brouillards et nuages, soit sous forme de gaz, la vapeur d'eau. D'une manière générale, le cycle de l'eau dans l'environnement consiste en une succession de changements d'état de l'eau conduisant à des échanges entre différents compartiments : les océans, l'atmosphère, les cours d'eau et étangs et les réservoirs souterrains. L'essentiel de l'alimentation de ce cycle s'effectue par vaporisation des eaux depuis le milieu marin, permettant la formation de nuages. La redistribution se réalise ensuite lors du déversement de l'eau contenue dans les nuages, sous forme de pluie qui alimente les cours d'eau. Si la pluie est le phénomène naturel le plus évident qui témoigne de la présence d'eau dans l'atmosphère, d'autres types de circonstances permettent la condensation de l'eau présente sous forme de vapeur, en relation avec une variation de la température de l'air : il s'agit des brouillards, lorsque les gouttelettes d'eau demeurent en suspension dans l'air, et du phénomène de rosée, lorsque l'eau se dépose sur un support. D'un point de vue physique, la formation de gouttes d'eau à partir de la vapeur d'eau atmosphérique est un simple phénomène de changement de phase caractérisé par des conditions de température et de pression. Le brouillard (6) est un amas de fines gouttelettes d'eau ou de fins cristaux de glace. Sa composition est identique à celle d'un nuage, dont la base toucherait le sol. Le processus de formation du brouillard est d'ailleurs identique à celui des nuages. Il résulte essentiellement du refroidissement d'un volume d'air jusqu'à la condensation d'une partie de la vapeur d'eau qu'il contient (7). La condensation de la vapeur d'eau se produit initialement autour de certains types de microparticules de matière solide en suspension dans l'air, qualifiées de noyaux de condensation. Ce phénomène n'étant pas d'une intensité suffisante, il n'aboutit pas à des précipitations. La présence de microgouttelettes d'eau en suspension dans l'air peut aussi aboutir à la formation de la rosée, dès lors que ces gouttelettes rencontrent un support permettant leur coalescence (6). Il peut s'agir de plantes, dans le cas le plus général, ou d'objets divers. La rosée résulte donc d'un même phénomène physique que le brouillard. Elle apparaît essentiellement lorsque la nuit est claire et calme, sans vent, de sorte que le refroidissement radiatif est maximal. Cependant, les volumes d'eau déposés ne dépendent pas uniquement de facteurs climatiques et sont très largement influencés par la nature du support sur lequel l'eau atmosphérique est susceptible de se déposer (8).

Approche quantitative

Si l'eau est très abondante sur la Terre, soit de l'ordre de 1 400 millions de km^3 (5, 9), 97 % de cette ressource est de l'eau salée et 2 % se trouve sous forme de glace. Il ne reste donc environ que 1 % d'eau douce sous forme liquide, disponible pour les êtres vivants. Les eaux souterraines constituent la réserve d'eau douce la plus abondante, avec de l'ordre de 10,5 millions de km^3 (9), tandis que les rivières et lacs ne représentent que 0,1 million de km^3. Les précipitations atmosphériques, qui alimentent les réserves d'eaux douces superficielles et profondes, sont estimées à 13 000 km^3 par an (9). Il est donc manifeste que la disponibilité de l'eau douce ne constitue pas un problème à l'échelle mondiale, si l'on se positionne dans une approche globale. Les difficultés résultent d'une

inégale répartition de cette eau, en fonction des régions du Globe. L'eau est aussi irrégulièrement répartie d'une année sur l'autre ou d'une saison sur l'autre. En Inde, le phénomène de mousson en constitue l'illustration, les inondations succédant aux périodes de grande sécheresse.

L'eau atmosphérique ne représente que 0,4 ‰ des réserves totales en eaux douces (9), soit tout de même 12 900 km^3 d'eau douce inexploitée. Ce volume équivaut au total des précipitations annuelles, de sorte qu'il y a là un potentiel majeur de production d'eau pour la consommation humaine.

Exploitation de l'eau atmosphérique par les êtres vivants

Certains êtres vivants du milieu désertique ont démontré une capacité à exploiter l'eau atmosphérique pour répondre à leurs besoins physiologiques. La rosée est connue comme une source d'eau très utile à la survie des lichens et mousses (10, 11), mais aussi de divers invertébrés (7, 12-14). Plus spectaculaire est le développement par certains animaux d'une capacité à recueillir les gouttelettes d'eau formant les brouillards. Cette observation a été effectuée notamment chez des coléoptères du désert, en Namibie (15, 16). Malgré une absence quasi-totale de précipitations tout au long de l'année, ce désert possède une faune très riche et très spécifique au niveau de la dune côtière. Celle-ci est balayée par de puissants vents marins, qui transportent des brumes de mer en direction de la terre. L'étude réalisée chez les coléoptères du genre *Stenocara* qui colonisent la dune littorale démontre une adaptation comportementale de ces insectes aux conditions spécifiques de leur milieu de vie. Chaque matin, ils se disposent au sommet de la dune, face au vent, élytres déployées. La surface cirée de ces dernières est recouverte de bosses microscopiques sur lesquelles les particules d'eau des brouillards se fixent (15). L'eau ruisselle le long des élytres et elle est absorbée par l'insecte.

À partir des exemples issus de l'observation de phénomènes naturels, de nombreux industriels s'efforcent de proposer des solutions à grande échelle pour une exploitation de la présence d'eau dans l'atmosphère, au profit des populations. Ces dispositifs, dont certains demeurent à l'état de prototypes, retiennent de plus en plus l'attention des acteurs de la production d'eau et des pouvoirs publics.

Procédés permettant d'exploiter l'eau atmosphérique

L'approche technologique visant à exploiter l'eau présente dans l'atmosphère peut revêtir deux aspects essentiels. Dans le premier cas, il s'agit de reproduire le processus naturel de collecte des gouttelettes d'eau formant les brouillards, à l'image de la stratégie développée par les *Stenocara*. On utilise alors essentiellement des filets à eau. La seconde option consiste à accélérer le changement de phase de la vapeur d'eau atmosphérique au contact de surfaces froides. Ces dernières sont créées soit selon un processus passif de refroidissement radiatif naturel, soit par apport d'énergie. L'eau obtenue par ces différents systèmes peut être destinée à des usages agricoles. Les principaux développements dans ce domaine visent alors à optimiser la capture de rosée pour créer une irrigation naturelle (17-19). Plus ambitieuses sont les approches visant à utiliser l'eau atmosphérique pour la consommation humaine. C'est ce dernier aspect qui sera développé ici.

Filets à eau et condenseurs passifs de rosée

Les dispositifs passifs de capture des brouillards ou de collecte de rosée font l'objet de nombreux travaux. Dans le cas des filets à eau, il s'agit d'intercepter les brouillards et brumes côtières véhiculées par les vents. Pour cela, on interpose un filet sur le parcours du brouillard, les mailles servant de surfaces froides pour l'accrochage des gouttelettes. L'eau ruisselle ensuite le long des mailles et peut être recueillie (20). Ce mode de production d'eau implique de fréquents brouillards, comme cela peut être observé sur la façade littorale de la Cordillère des Andes. Les résultats obtenus au Chili (21) témoignent de la possibilité de produire de l'eau à faible coût dans des régions arides. Le rendement observé est spectaculaire : en moyenne de l'ordre de 3 à 5 litres par mètre carré de filet et par jour, il peut atteindre 20 litres. L'inconvénient majeur de la récupération de brouillard est que ce phénomène naturel est limité dans l'espace et dans le temps, impliquant une conjonction de paramètres météorologiques, topographiques et environnementaux très spécifiques.

Les systèmes passifs de collecte de la rosée ont été expérimentés de longue date (9, 22). Le principe est de créer des surfaces favorables à la condensation de rosée et de recueillir l'eau ainsi déposée, par raclage quotidien. Le choix des matériaux utilisés est crucial. Les condenseurs à rosée doivent être conçus avec deux objectifs clés : garantir une nucléation optimale par une diminution des forces de tension superficielle et se refroidir rapidement en période nocturne. La conductivité thermique des matériaux et leur épaisseur sont alors des paramètres déterminants (3, 9, 23). Les chercheurs utilisent actuellement des microsphères d'oxyde de titane et de sulfate de baryum solidarisées par un réseau de polyéthylène (24, 25). La géométrie du dispositif a aussi une influence. Il importe de limiter le réchauffement de sa surface par l'air ambiant, notamment en cas de vent nocturne (26). L'expérience a montré que la surface du condenseur doit former un angle de trente degrés avec l'horizontale (27). Il s'agit d'un compromis entre une surface de condensation horizontale, qui permet un refroidissement radiatif maximum, et un arrangement vertical, qui augmente la collection d'eau par gravité. Les meilleurs résultats ont été décrits avec un dispositif en forme de pyramide inversée (20). Le coût des équipements est faible, soit de l'ordre de quatre centimes d'Euro par litre d'eau produit (27). L'exploitation implique cependant de la main-d'œuvre, ce qui majore le prix de l'eau. Par ailleurs, la production n'est pas continue tout au long de l'année et demeure très limitée en termes de volumes. Le rendement maximal est de l'ordre de 0,5 à 0,6 $L.j^{-1}.m^{-2}$ (5, 28-30), voire sensiblement moins en zone urbaine (31). De plus, les rendements sont très inconstants

d'un jour à l'autre du fait de l'influence de l'hygrométrie, de la présence d'une couverture nuageuse, de la force et du sens des vents, de l'exposition, du relief local, paramètres dont l'influence est complexe (28, 29, 32-34) et difficile à modéliser. D'une manière générale, la collecte de rosée ne peut pas être considérée comme une option suffisante en tant que tel, mais elle revêt un intérêt en tant qu'approche d'appoint ou de survie.

Système actifs de condensation de l'eau atmosphérique

Si l'avantage des dispositifs passifs de recueil de la rosée consiste en un faible coût d'exploitation, du fait de l'absence de consommation d'énergie, la recherche d'une meilleure productivité a conduit à développer des approches qualifiées d'actives. Il s'agit alors de provoquer la condensation de la vapeur d'eau en créant une circulation forcée de l'air au contact de surfaces froides (5). Ces surfaces sont le plus souvent obtenues en ayant recours à un compresseur, avec mise en place d'un cycle de changement de phase ou cycle de Carnot : un gaz est comprimé par un dispositif mécanique, puis le fluide formé est dirigé vers un évaporateur où il retrouve l'état gazeux. Le passage de l'état liquide à l'état gazeux implique un apport de chaleur, de sorte que le fluide en se vaporisant refroidit les surfaces au contact desquelles il se trouve.

Cette approche technologique de la production d'eau n'est pas réellement récente (3) et l'on dispose actuellement d'équipements dont le débit est sans commune mesure avec ceux que l'on observe avec les dispositifs passifs. Les éléments clés du dimensionnement des appareils sont le débit d'air et la surface des plaques de condensation. Pour un modèle donné, la productivité est ensuite fonction de l'hygrométrie, qui conditionne la quantité d'eau disponible dans un volume d'air, et la température ambiante. En ce qui concerne ce paramètre, plus la température d'air est élevée et plus la production d'eau est abondante. Une augmentation de température de +15°C à +30°C permet approximativement de doubler le volume d'eau produit (tab. I). On comprend que les principaux débouchés commerciaux actuels de cette technologie soient localisés en région tropicale.

Tableau I. Productivité (litres par jour) d'un système de condensation de vapeur, en fonction de l'hygrométrie et de la température (données commerciales *EZ-Water*® pour le système *AD 1500*®).

Température	Hygrométrie				
	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %
+15°C	343,2	535,2	703,24	916,8	1082,4
+20°C	458,4	703,2	964,81	1207,2	1447,2
+25°C	669,6	972	1250,4	1456,8	1612,8
+30°C	871,2	1034	1281,6	1483,2	1682,4

Une variante de ce type de système a été développée, qui consiste à récupérer l'eau qui se forme au niveau des dispositifs assurant la climatisation d'air. Les systèmes de climatisation fonctionnent en effet selon un principe très comparable à celui des condenseurs à eau évoqués plus haut : il s'agit de faire passer un flux d'air au contact de surfaces froides. La différence fondamentale réside dans le fait que, dans ce cas, la condensation de l'eau atmosphérique au cours de la phase de production d'air froid constitue en principe un inconvénient. L'eau est habituellement évacuée : il s'agit d'un sous-produit indésirable dont la formation est inévitable. La récupération de cette eau pour la consommation humaine a fait l'objet de développements et des solutions sont actuellement proposées qui vont bien au-delà du simple prototype. La difficulté réside dans le fait que les climatiseurs existants ne sont pas conçus pour produire de l'eau de bonne qualité sanitaire. C'est principalement la qualité chimique de l'eau issue de ces dispositifs qui demeure incertaine, de sorte qu'un système de traitement est nécessaire.

Qualité de l'eau produite à partir de l'atmosphère

D'une manière générale, la qualité de l'eau recueillie à partir de l'atmosphère est très largement dépendante de celle de l'air, mais peut aussi varier en fonction des modalités techniques de collecte.

L'eau de rosée a été analysée sur différents sites de collecte (tab. II). Elle peut présenter des caractéristiques très différentes en fonction des conditions locales. Généralement, son pH est proche de la neutralité ou acide, mais des pH alcalins sont parfois observés (35, 36). Une relation directe entre le pH de la rosée et les rejets atmosphériques de polluants tels que les fumées riches en acides nitrique ou sulfurique a été évoquée par certains auteurs. Une alcalinisation de la rosée serait le signe d'une amélioration de la qualité de l'air (36). La rosée est généralement plus minéralisée que l'eau de pluie, ce qui peut s'expliquer par le mode de collecte qui favorise le dépôt de poussières sur les surfaces du condenseur. Parmi les cations, le calcium et le magnésium représentent alors l'essentiel de la charge minérale des eaux de rosée, avec d'importantes variations quantitatives selon les sites et les périodes de l'année. La présence d'ions chlorure et sodium est décrite, particulièrement en zone côtière (27, 35, 37), ce qui peut être expliqué par la proximité de la mer et l'exposition aux embruns. Muselli et al. (27) attribuent la présence de sulfates à une pollution atmosphérique par dioxyde de soufre, due aux rejets de gaz de combustion d'une centrale électrique au fioul située à proximité de la zone de collecte de la rosée. Jiries (38) signale la présence de métaux lourds, plomb, cobalt et cadmium, en relation avec la pollution atmosphérique et principalement les fumées issues de la combustion de dérivés pétroliers. Les valeurs observées demeurent cependant très faibles au regard des critères de potabilité des eaux. Les nitrites et nitrates ont retenu l'attention de certains auteurs, en raison de l'abondance des dérivés azotés dans l'air, notamment en zone urbaine (39). Les valeurs mesurées dans l'eau de rosée demeurent très

Tableau II. Bilan de l'analyse des eaux recueillies au niveau de condenseurs à rosée dans différentes régions du monde.

Site de l'étude	Conductivité $\mu S.cm^{-1}$	Minéraux $mg.L^{-1}$	pH	Composition ionique (éléments majeurs)	Flore bactérienne (UFC/ml)	Polluants chimiques identifiés
Amman, Jordanie (38)	128,7 (31.2 à 256.2)		6,7	SO_4^{2-} Ca^{2+}		Sulfates Plomb Cobalt Cadmium
Ajaccio, Corse (27)	114	6	Cl^- SO_4^{2-}			Sulfates
Rampur, Inde (42)			6,8	Ca^{2+} SO_4^{2-} Cl^- Mg^{2+}		
Bordeaux, France (37)	45		6,3	Cl^- Na^+ SO_4^{2-}	Flore aérobie : - à +22°C : de 2 à >300 - à +36°C : de 0 à >300	Sulfates
Massachussetts, USA (39)			6,20			Nitrates (4,87 mg/L) Nitrites (0,64 mg/L)
			6,32			Nitrates (4,79 mg/L) Nitrites (0,62 mg/L)
			6,70			Nitrates (5,99 mg/L) Nitrites (0,83 mg/L)
Hohenpeissenberg, Allemagne (41)						Nitrites (0,03 à 0,22 mg/L)
Bordeaux, France (41)						Nitrites (0,46 mg/L)
Santiago, Chili (36)			5,4 à 7,6	Ca^{2+} SO_4^{2-}		Nitrates (3,5 mg/L) Nitrites (4,1 mg/L)
Zadar, Croatie (43)	195	6,7	Ca^{2+} Na^+ Mg^{2+}			
Panandhro, Inde (29)						
Mirleft, Maroc (35)	730	560	6,75 à 7,93	Cl^- Na^+	Coliformes à +37°C : 340	
Désert du Neguev, Israël (44)	510	308,7	7,31	Ca^{2+} SO_4^{2-} Cl^- Na^+		
	590	312,3	7,47			

basses pour ce qui concerne les nitrates, au regard des exigences réglementaires pour les eaux de boisson (40). Dans le cas des nitrites, la limite de qualité réglementaire, fixée à 0,50 mg/L, apparaît parfois dépassée avec des pics liés à la pollution de l'air et aux conditions météorologiques (36, 40, 41). En ce qui concerne les agents biologiques, les conditions de recueil autorisent la présence dans l'eau de rosée de spores de micromycètes et de bactéries véhiculées par l'air ou par les animaux. Les niveaux de contamination observés sont généralement importants. Ce constat est à relier à la présence d'insectes au niveau des installations, qui s'abreuvent avec l'eau de rosée collectée.

Perspectives au plan militaire

Si les développements technologiques dans le domaine de l'eau atmosphérique ont jusqu'à présent essentiellement été destinés à répondre aux besoins des populations en régions arides, avec le souci de produire de l'eau de boisson ou d'irrigation, des contacts existent entre les armées et différents industriels afin de développer des approches de production d'eau spécifiques, en particulier pour les opérations extérieures.

Les filets à eau et les condenseurs passifs ont été proposés, dans un premier temps, comme pouvant répondre à la problématique de l'approvisionnement en eau de détachements isolés, de faible effectif. Cette idée a

été rapidement abandonnée, pour des applications militaires, en raison de la productivité insuffisante et aléatoire des systèmes proposés. Le développement de systèmes actifs est par contre en plein essor.

Matériels actuellement commercialisés

La production mondiale des condenseurs actifs de vapeur d'eau se partage essentiellement entre trois fabricants. En France, un seul système de ce type dispose des attestations de conformité sanitaire nécessaires, délivrées par le ministère de la Santé. Il est décliné en différents formats, pour une capacité de production théorique variant de quelques litres par jour, pour des fontaines à eau destinées à des familles ou à des petites collectivités, à plusieurs dizaines de milliers de litres pour les équipements industriels. Le schéma technologique de ce type de dispositif (fig. 1) repose sur une circulation d'air au contact d'une surface refroidie. L'air subit une filtration sommaire en entrée, afin d'éviter l'aspiration de particules. L'eau recueillie après condensation de la vapeur fait l'objet d'un ensemble de traitements destinés à garantir sa qualité au plan sanitaire et organoleptique. Les contaminants redoutés sont en premier lieu des particules que la filtration de l'air n'aurait pas arrêtées. C'est la raison pour laquelle une filtration membranaire est réalisée. Il importe ensuite de garantir la qualité gustative de l'eau, ce qui est permis par filtration sur charbon actif. De cette manière, les éventuelles traces de composés responsables de goûts ou d'odeurs sont éliminées. Enfin, le challenge le plus préoccupant est d'assurer la qualité de l'eau au plan microbiologique. La désinfection est possible au moyen d'une lampe à ultra-violets, ce qui ne modifie pas le goût de l'eau. Cependant, ce procédé ne garantit aucune rémanence de l'effet antimicrobien, de sorte que l'eau ainsi traitée ne peut être conservée de manière durable. La solution retenue par le fabricant est alors de faire recirculer l'eau traitée au travers du dispositif de filtration-désinfection à intervalles de temps réguliers, de l'ordre de deux heures. Une reminéralisation de l'eau avant mise en consommation est envisageable, essentiellement afin d'améliorer la qualité gustative, mais elle n'apparaît pas indispensable. De plus, un apport de minéraux peut favoriser le dépôt de tartre dans le système, donc compliquer les opérations d'entretien.

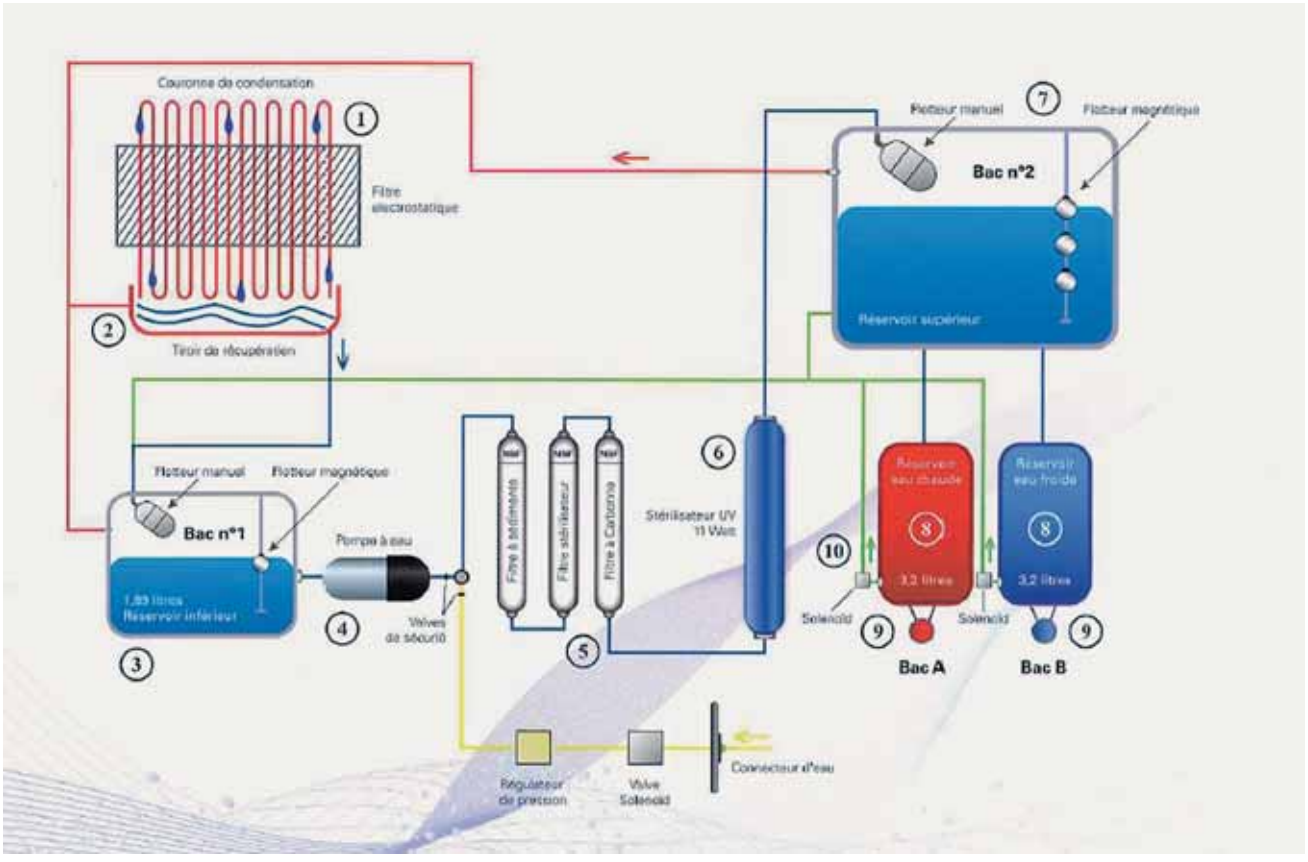


Figure 1. Schéma technologique d'un dispositif de production d'eau à partir de l'atmosphère EZWater®. L'air aspiré est filtré (1) et passe au contact d'une surface froide (2). L'eau condensée est stockée (3) avant de subir une filtration (4, 5) et une désinfection UV (6). Un stockage tampon (7) est interposé avant l'entreposage de l'eau dans un réservoir à la température désirée (8). Un système de sécurité est en place sur l'alimentation en eau chaude (9). L'eau stockée est filtrée (10) toutes les heures.

Le recyclage des eaux de condensation des climatiseurs des véhicules est une autre approche pour laquelle des matériels militarisés sont déjà proposés, à partir de l'expérience de l'armée israélienne (fig. 2). L'objectif est de garantir un minimum d'eau de boisson pour les équipages de ces véhicules, ce qui dispense d'entretenir un stock embarqué d'eau conditionnée ou d'assurer leur ravitaillement. Il y aurait ainsi un gain d'autonomie et d'espace. Comme le montre la figure 2, une première difficulté liée à cette approche est la nécessité de disposer d'un équipement pour le traitement des eaux recueillies au niveau des climatiseurs, ce qui représente un encombrement certain. Le bénéfice d'une telle approche est donc discutable.



Figure 2. Appareil de traitement de l'eau destiné à la potabilisation des eaux de condensation issues d'un climatiseur, installé sur un véhicule tactique de l'armée israélienne (WaterGen®).

Matériels en développement

L'un des facteurs limitant l'emploi des condenseurs actifs est la nécessité de disposer d'une source d'énergie, principalement pour faire fonctionner le compresseur. Avec l'appui de la mission du ministère de la Défense en charge de la promotion des petites et moyennes entreprises françaises, des travaux sont en cours avec une entreprise française afin d'achever le développement de systèmes totalement autonomes au plan énergétique. Il peut s'agir de coupler le compresseur à des panneaux solaires. Cette option est déjà pleinement opérationnelle. Plus ambitieux est le projet d'intégrer le condenseur à eau à une éolienne (fig. 3). Les premiers essais effectués fin 2013 par le ministère de la Défense dans la région de Manosque ont montré la faisabilité d'une telle approche. Ils ont aussi souligné diverses difficultés liées au développement de ce type de technologie. L'eau atmosphérique, particulièrement peu minéralisée et de pH le plus souvent acide, est très corrosive. Au contact des éléments de plomberie utilisés, tuyaux, vannes, raccords, elle interagit très fortement de sorte que les phénomènes de corrosion sont considérables. Il peut en résulter la libération de métaux toxiques par les différentes pièces

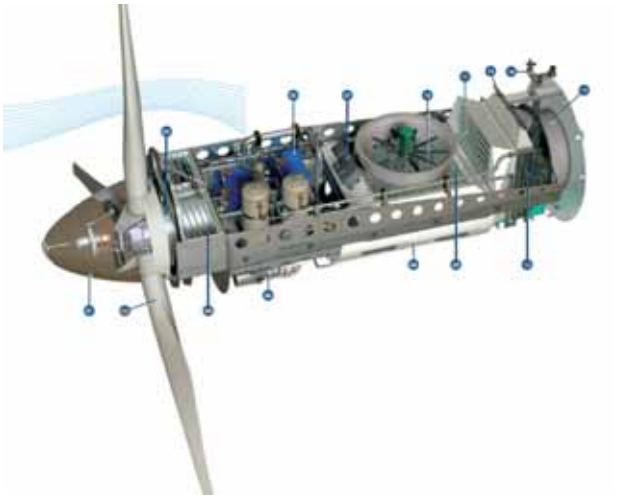


Figure 3. Éolienne à condenseur de vapeur d'eau Eole Water®. La production d'énergie est assurée par une éolienne (01-02) couplée à un alternateur (03). L'électricité permet de faire fonctionner un compresseur (05) qui refroidit une surface d'échange (08) au niveau de laquelle la vapeur d'eau atmosphérique se condense. L'eau recueillie (08) est récupérée et pompée vers un réservoir au sol.

métalliques utilisées au contact de l'eau. Alors qu'elle est initialement de bonne qualité chimique, l'eau se charge en cuivre, en plomb, en chrome, etc., en fonction de la nature des matériaux utilisés. L'inertie des matériaux au regard du risque de corrosion revêt donc une importance primordiale et doit faire l'objet d'investigations approfondies avant toute acquisition d'un tel équipement par les armées. Un autre aspect important est la faible charge en matière organique de l'eau recueillie sur les plaques de condensation, de sorte que des procédés très simples de filtration suffisent. La désinfection chimique (chloration) ou physique (rayonnement ultraviolet) en est aussi facilitée. Cette étape reste indispensable, même si les flores mises en évidence dans ce type d'eau sont banales.

Une autre piste de développement de matériels adaptés aux contraintes opérationnelles est la recherche d'une simplification extrême du processus technologique, afin de limiter la maintenance et les consommables. Largement différent de ce qui est présenté dans la figure 1, le schéma technologique à l'étude consiste en une étape de condensation suivie d'une simple filtration. L'eau ainsi produite serait destinée à alimenter les citernes de stockage en service dans les armées, où elle subirait une désinfection chimique. La simplification technologique paraît possible du fait de la bonne qualité initiale de l'eau recueillie, sous réserve de s'assurer de l'absence de nitrites en excès. Les expérimentations en cours sont en grande partie destinées à s'assurer qu'un tel processus permettrait de disposer d'une eau de qualité organoleptique acceptable. Dans le cas contraire, l'eau devrait être réservée pour des usages autres que la boisson.

Place des condenseurs actifs dans la politique de l'eau du ministère de la Défense

En métropole, les condenseurs à eau peuvent être proposés pour différentes applications. Il s'agit d'une approche fiable et écologique se substituant aux fontaines à eau traditionnelles équipées de bonbonnes d'eau minérale. Une alimentation électrique suffit pour disposer de manière permanente d'eau de bonne qualité organoleptique en tout lieu, bureau, salle de réunion, atelier, etc. Les polémiques actuelles relatives à la toxicité des polycarbonates utilisés pour la fabrication des bonbonnes à eau pourraient relancer l'intérêt pour des solutions alternatives de ce type. Cependant, il est peu probable que les condenseurs parviennent à concurrencer les fontaines à eau alimentées depuis le réseau public, qui constituent la solution la moins coûteuse, pour des particuliers comme pour des collectivités. Cette affirmation est à reconsidérer hors de métropole, par exemple pour des ambassades ou des sites militaires implantés en zone urbaine à l'étranger. C'est le cas des principaux camps accueillant des forces militaires prépositionnées, dans de nombreux pays d'Afrique. Ces sites sont en général totalement dépendants, en matière d'approvisionnement en eau, du réseau d'adduction local. Selon le contexte, la maîtrise des risques liés aux eaux peut être alors jugée insuffisante, la force se trouvant à la merci d'un dysfonctionnement accidentel du réseau local comme d'un acte malveillant de sabotage sur ce réseau. Les sites « sensibles » peuvent donc tirer profit de la technologie des condenseurs actifs, afin de garantir un approvisionnement autonome et sécurisé. De même, il est possible d'envisager d'équiper des véhicules.

D'une manière plus générale, dans tout contexte opérationnel, la logistique de l'eau constitue un challenge considérable, face auquel toutes les options techniques doivent être explorées. Actuellement, les armées disposent, pour produire de l'eau sur un théâtre, de matériels de distillation ou de filtration qui ont fait leurs preuves. La limitante majeure est la nécessité de disposer d'une ressource en eau abondante, captage souterrain ou superficiel. Dans des contextes géographiques comme celui qu'a connu l'armée française au Mali, de telles ressources se sont avérées très rares dans l'essentiel de la zone d'engagement, de sorte qu'il a été nécessaire de transporter des quantités d'eau considérables sur de longues distances, pour assurer le ravitaillement de la force. Le recours à l'eau atmosphérique modifie la problématique, puisque l'eau peut être produite sur le lieu même de sa consommation, sans lien avec le contexte hydrologique local. De plus, les ressources en eau habituellement exploitées en contexte opérationnel sont souvent très largement polluées du fait de l'absence de politique de protection environnementale. Avec l'eau atmosphérique, cette préoccupation disparaît. Un autre avantage des systèmes à condensation est leur mobilité et leur rapidité de mise en œuvre, éléments particulièrement importants dans des contextes opérationnels tels que celui que la France a connu au Mali. Les plus gros engins sont présentés conditionnés en conteneur pour transport maritime, ce qui constitue un standard pour la logistique militaire. Leur mise en service n'est pas plus contraignante que celle d'un conteneur frigorifique : dès que leur alimentation électrique est assurée, la production débute. Les éoliennes en développement nécessitent de l'ordre de deux heures pour être déployées, ce qui reste en adéquation avec les contraintes de mobilité des forces.

Ce type d'approche admet cependant une limite de taille. L'hygrométrie doit être suffisante, condition qui n'est pas réalisée en tout lieu et en tout temps. Si l'on se réfère aux données du tableau I, un condenseur de la taille d'un conteneur maritime permet de répondre aux besoins quotidiens en eau de 50 hommes (sur la base d'un apport quotidien minimum de 30 litres par homme) lorsque les conditions sont optimisées, mais de seulement 30 si l'hygrométrie n'atteint que 50 %. Ces performances peuvent être considérées comme très faibles au regard du besoin total lié à une opération militaire, mais doivent aussi être regardées comme un réel exploit dans des secteurs géographiques où aucune ressource naturelle classique n'existe. L'étude des données climatiques de différentes régions du monde où la France a déployé des forces permet de disposer d'un aperçu de l'intérêt de cette technologie (fig. 4). En zone tropicale humide (à l'exemple de Bangui), l'hygrométrie est de l'ordre de 75 à 90 % durant la quasi-totalité de l'année. Il est alors possible de produire de l'eau sans difficulté et en grande quantité au moyen de condenseurs à vapeur d'eau. En zone tropicale sèche, à l'exemple de Gao, l'hygrométrie n'est supérieure à 50 % que durant trois à quatre mois par an (six mois à N'Djamena), et voisine de 30 % le reste de l'année. Les performances des condenseurs actuels seront donc sensiblement plus faibles. Enfin, les zones désertiques (Tessalit) sont caractérisées par une hygrométrie très faible, rarement supérieure à 30 %, difficilement exploitable pour la production d'eau. La seule exception concerne les déserts situés en zone littorale. Au final, la technologie de la condensation de la vapeur atmosphérique n'apporte qu'une partie de la réponse à la question de l'eau lors d'opérations militaires en secteur désertique, mais doit cependant être considérée avec attention. Les évolutions technologiques rapides dans ce domaine permettent d'espérer disposer de matériels toujours plus performants, capables de produire des quantités d'eau significatives même lorsque l'hygrométrie n'excède pas 30 %. Ce serait alors, pour le ravitaillement de dispositifs militaires projetés, la possibilité de s'affranchir de toute dépendance vis-à-vis du contexte hydrologique local (proximité de cours d'eau, présence de puits) sans nécessiter de matériels complexes et encombrants.

Une autre piste de réflexion pour les armées est l'emploi de systèmes à condensation de vapeur d'eau comme alternative aux systèmes de dessalement de l'eau de mer à bord des navires. Leur intérêt pourrait être particulièrement évident en escale, situation où le navire ne peut pas utiliser ses systèmes de production d'eau habituels et devient ainsi tributaire du réseau d'adduction d'eau du port. Cependant, l'encombrement que représentent ces systèmes peut s'avérer rédhibitoire, de même que leur productivité limitée au regard des besoins des équipages.

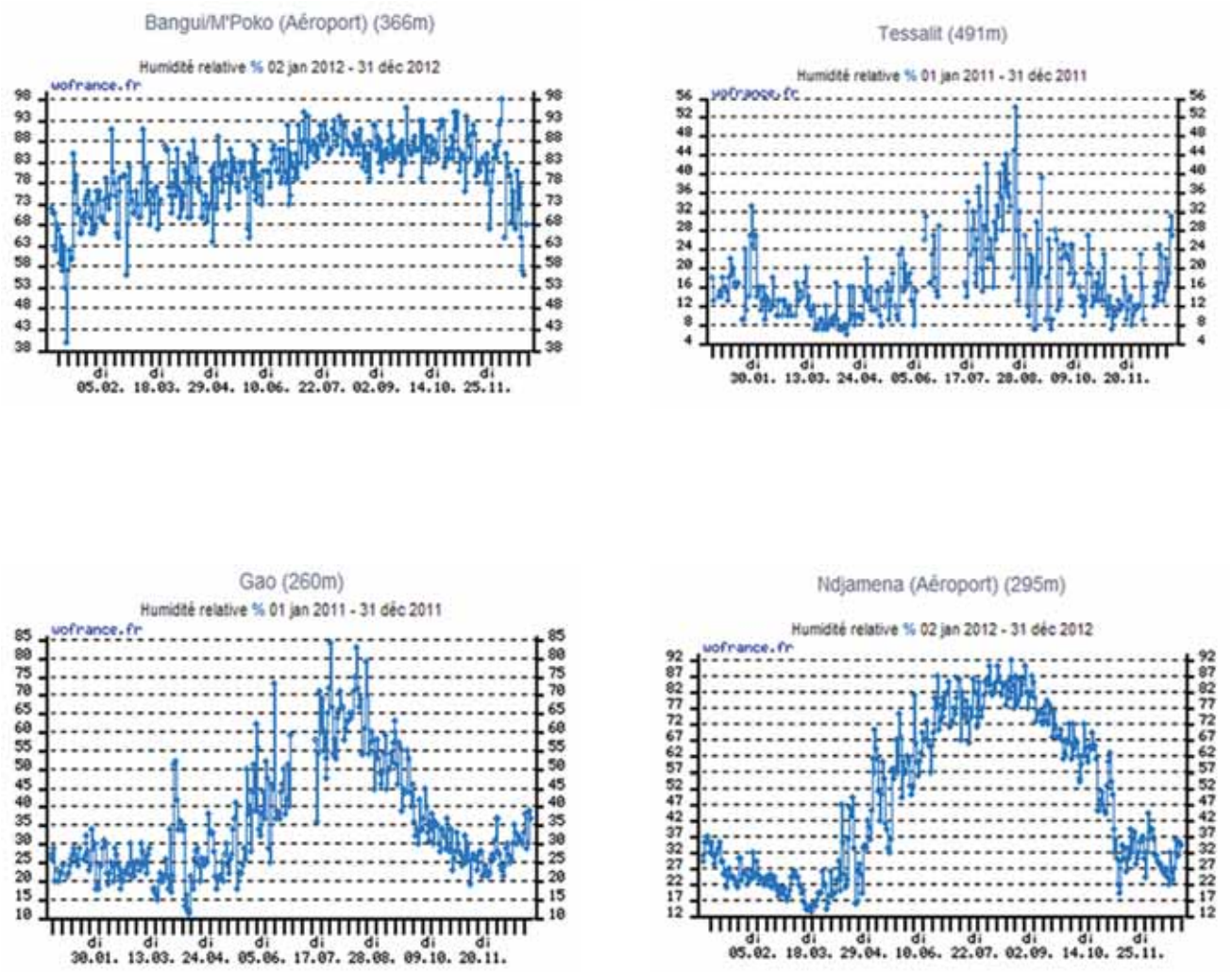


Figure 4. Relevés d'humidité relative de l'air sur différentes implantations de forces françaises en Afrique (d'après http://www.wofrance.fr/).

Conclusion

La production d'eau à partir de l'atmosphère représente une perspective d'avenir majeure pour l'alimentation des populations et trouve déjà des applications pour les déploiements militaires. Si les processus passifs de recueil des brouillards et rosées restent d'un intérêt limité, du fait de leur faible productivité, les dispositifs de condensation active de la vapeur d'eau apportent désormais des réponses convaincantes. Le monde de la Défense se doit d'y accorder une grande attention afin d'exploiter au mieux à son profit les développements technologiques dans ce domaine, notamment dans la perspective de projection de forces en régions arides.

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt avec les données développées dans cet article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Manuel des situations d'urgence. UNHCR Editeur, 2001:230p.
2. Humanitarian charter and minimum standards in disaster response. The Sphere Project Editeur, 2004:344p.
3. Ihrig D, Licht M, Brunert U, Eggemann J. Winning drinking water using radiation exchange. Physics and Chemistry of the Earth 2008;33:86-91.
4. Pachauri R, Reisinger A. Bilan 2007 des changements climatiques. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Éditeur, 2007:103p.
5. Clus O. Condenseurs radiatifs de la vapeur d'eau atmosphérique (rosée) comme source alternative d'eau douce. Thèse de doctorat, Université de Corse, 200:235p.
6. Jacobs A, Heusinkveld B, Berkowicz S. A simple model for potential dewfall in an arid region. Atmospheric Research 2002;64:285-95.
7. Agama N, Berlinera P. Dew formation and water vapor adsorption in semi-arid environments - A review. J Arid Environments 2006;65:572-90.
8. Beysens D, Muselli M, Nikolayev V, Narhe R, Milimouk I. Measurement and modelling of dew in island, coastal and alpine areas. Atmospheric Research 2005;73:1-22.
9. Muselli M. Systèmes énergétiques pour la production d'électricité et d'eau douce potable. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université de Corse, 2007:209p.
10. Lange O, Schulze E, Koch W. Ecophysiological investigations on lichens of the Negev Desert: CO2 gas exchange and water conservation of Ramalina maciformis in its natural habitat during the summer dry period. Flora 1992;159: 38-62.
11. Kidron G, Hernstadt I, Barzilay E. The role of dew as a moisture source for sand microbiotic crusts in the Negev Desert, Israel. J. Arid Environ. 2002;52:517-33.
12. Moffett M. An Indian ant's novel method for obtaining water. National Geographic Research 1985;1:146-9.
13. Degen A, Leeper A, Shachak M. The effect of slope direction and population-density on water influx in a desert snail, Trochoidea seetzenii. Functional Ecology 1992;6:160-6.
14. Shachak M, Leeper A, Degen A. Effect of population density on water influx and distribution in the desert snail Trochoidea seetzenii. Ecoscience 2002;9:287-92.
15. Parker A et Lawrence C. Water capture by a desert beetle. Nature 2001;414:33-4.
16. Naidu S. Water balance and osmoregulation in Stenocara gracilipes, a waxblooming tenebrionid beetle from the Namib Desert. J Insect Physiology 2001;47:1429-40.
17. Graf A, Kuttler W, Werner J. Mulching as a means of exploiting dew for arid agriculture? Atmospheric Research 2008;87:369-76.
18. Sudmeyer R, Nulsen A, Scott W. Measured dewfall and potential condensation on grazed pasture in the Collie River basin, southwestern Australia. J Hydrology 1994;154:255-69.
19. Li X. Effects of gravel and sand mulches on dew deposition in the semiarid region of China. J Hydrology 2002;260:151-60.
20. Jacobs A, Heusinkveld B, Berkowicz S. Passive dew collection in a grassland area, The Netherlands. Atmospheric Research 2008;87:377-85.
21. Schemenauer R, Cereceda P, Suit M. An alternative water supply for Chilean coastal desert villages. Water Resources Development 1992;8:53-9.
22. Beysens D. The formation of dew. Atmospheric Research 1995;39:215-37.
23. Kidron G. The effect of substrate properties, size, position, sheltering and shading on dew: an experimental approach in the Negev Desert. Atmospheric Research 2010;98:378-86.
24. Nikolayev V, Beysens D, Gioda A, Milimouk I, Katiushin E, Morel J. Water recovery from dew. J Hydrology 1996;182:19-35.
25. Vargas W, Lushiku E, Niklasson G, Nilsson T. Light scattering coatings: theory and solar applications. Solar Energy Materials and Solar Cells 1998;54:343-50.
26. Beysens D, Milimouk I, Nikolayev V, Muselli M, Marcillat J. Using radiative cooling to condense atmospheric vapour: a study to improve water yield. J Hydrology 2003;276:1-11.
27. Muselli M, Beysens D, Marcillat J, Milimouk I, Nilsson T, Louche A. Dew water collector for potable water in Ajaccio (Corsica Island, France). Atmospheric Research 2002;64:297-312.
28. Muselli M, Beysens D, Mileta D, Milimouk I. Dew and rain water collection in the Dalmatian Coast, Croatia. Atmospheric Research; 2009;92:455-63.
29. Sharan G, Clus O, Singh S, Muselli M, Beysens D. A very large dew and rain ridge collector in the Kutch area (Gujarat, India). J Hydrology 2011;405:171-81.
30. Berkowicz S, Beysens D, MilimouK I, Heusinkveld B, Muselli M,Wakshal E, et al. Urban dew collection under semi-arid conditions: Jerusalem. In: Proc. Third International Conference on Fog, Fog Collection and Dew. Cape Town: University of Pretoria Editeur; 2004:36-45.
31. Ye Y, Zhou K, Song L, Jin J, Peng S. Dew amounts and its correlations with meteorological factors in urban landscapes of Guangzhou, China. Atmospheric Research 2007;86: 21-9.
32. Clus O, Ortega P, Muselli M, Milimouk I, Beysens D. Study of dew water collection in humid tropical islands. J Hydrology 2008;361:159-71.
33. Muselli M, Beysens D, Milimouk I. A comparative study of two large radiative dew water condensers. J Arid Environments 2006;64:54-76.
34. Kidron G. Analysis of dew precipitation in three habitats within a small arid drainage basin, Negev Highlands, Israel. Atmospheric Research 2000;55:257-70.
35. Lekouch I, Muselli M, Kabbachi B, Ouazzani J, Melnytchouk-Milimouk I, Beysens D. Dew, fog, and rain as supplementary sources of water in south-western Morocco. Energy 2011;36:2257-65.
36. Rubio M, Lissi E, Villena G. Factors determining the concentration of nitrite in dew from Santiago, Chile. Atmospheric Environment 2008;42:7651-6.
37. Beysens D, Ohayon C, Muselli M, Clus O. Chemical and biological characteristics of dew and rain water in an urban coastal area (Bordeaux, France). Atmospheric Environment 2006;40:3710-23.
38. Jiries A. Chemical composition of dew in Amman, Jordan. Atmospheric Research 2001;57:261-8.
39. Zuo Y, Wang C, Van T. Simultaneous determination of nitrite and nitrate in dew, rain, snow and lake water samples by ion-pair high-performance liquid chromatography. Talanta 2006;70:281-5.
40. Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 13213, R. 1321-7 et R. 1321-38 du Code de la santé publique. Journal Officiel de la République française du 6 février 2007.
41. Acker K, Beysens D, Möller D. Nitrite in dew, fog, cloud and rain water: an indicator for heterogeneous processes on surfaces. Atmospheric Research 2008;87:200-12.
42. Singh S, Khare P, Maharaj Kumari K, Srivastava S. Chemical characterization of dew at a regional representative site of North-Central India. Atmospheric Research 2006;80:239-49.
43. Lekouch I, Mileta M, Muselli M, Milimouk-Melnytchouk I, Sofat V, Kabbachi B, et al. Comparative chemical analysis of dew and rain water (Zadar, Croatia). Atmospheric Research 2010;95:224-34.
44. Kidron G, Starinsky A. Chemical composition of dew and rain in an extreme desert (Negev): cobbles serve as sink for nutrients. Journal of Hydrology 2012;420-1:284-91..

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS 2014

Généralités.

Le manuscrit proposé pour parution dans « Médecine et Armées », relate un travail original et spécifique à la médecine dans les armées (pratique médico-militaire, fait médical, chirurgical, pharmaceutique, vétérinaire, historique, médico-administratif, épidémiologique…).

Présentation du manuscrit.

• Le manuscrit est fourni :
– soit sur support numérique adressé par voie postale ;
– soit adressé par E-mail (Internet, Intranet, Lotus).
• Le manuscrit est rédigé :
– en langue française (sauf exception après accord de la rédaction) ;
– maximum 32 000 caractères ;
– en double interlignage en Times new roman corps 12 ;
– marge gauche ;
– paginé.
• La première page :
– le titre précis et concis sans abréviation, en lettres ;
– le nom du ou/et des auteurs (six maximum), précédé des initiales du prénom (avec un point et un trait d'union pour les prénoms composés) ;
– du grade, du titre et de l'adresse affectation de tous les auteurs et co-auteurs ;
– le nom, l'adresse ; les coordonnées téléphoniques et E-mail du destinataire des correspondances et épreuves à corriger.
• La deuxième page :
– le titre en français ;
– le titre en anglais ;
– le résumé en français (15 lignes maximum sans abréviation, ni référence) ;
– quatre à cinq mots-clés, classés par ordre alphabétique et séparés d'un point ;
– le résumé en anglais, précédé du titre et des mots-clés répertoriés.
• Le texte débute à la troisième page :
– est concis, précis et les évènements passés sont décrits au passé composé ;
– les abréviations sont en nombre limité et exclus du titre et des résumés et sont explicites lors du premier emploi ; le terme entier est précédé de l'abréviation et mise entre parenthèses sans point de séparation lors de la première apparition dans le texte ;
– les renvois en bas de page ne sont pas acceptés ;
– la terminologie est respectée (symbole, unité, nombre écrit en chiffres SAUF inférieur à dix-sept, ou lorsqu'il commence une phrase ou lors d'énumérations fréquentes dans le texte, médicaments) ;
– la présentation est au carré (texte justifié), sans gras ni mot souligné et selon le plan suivant :

Chapitre.
Section.
Paragraphe.
Sous paragraphe.
– alinéa ;
- *sous-alinéa*,
• puce.

Illustrations.

– sont en nombre limité avec leur légende ;
– numérotées en chiffres arabes (pour les graphiques et photographies) ;
– sont appelés précisément dans le texte, placées ente parenthèses par ordre d'apparition ;
– les photos fournies respectent l'anonymat des patients et sous format JPEG avec l'accord du propriétaire et/ou le copyright.

Tableaux.

– sont en nombre limité avec leur légende ;
– numérotés en chiffres romain ;
– sont appelés précisément dans le texte, placés entre parenthèses par ordre d'apparition ;
– doivent se suffirent à eux même sans que l'on doive se référer au texte.

Les médicaments.

– apparaissent sous leur nom commun (DCI), la première lettre étant une minuscule ;
– sous leur nom de spécialité, la première lettre est alors en majuscule, suivie d'un ®.

Les remerciements et les déclarations de conflits d'intérêt.

– sont placés en fin de texte
– l'absence de conflit d'intérêt doit être mentionnée sous la forme : « les auteurs ne déclarent pas de conflit d'intérêt concernant les données présentées dans cet article ».

Références bibliographiques.

– elles sont numérotées en chiffres arabes placés entre parenthèses (dans le texte, les tableaux et les figures) dans l'ordre d'apparition ;
– les chiffres sont séparés par une virgule, mais au-delà de deux chiffres successifs seuls les deux extrêmes sont présentés et séparés par un trait d'union.

Corps des références bibliographiques selon la convention de Vancouver.

Elles figurent en fin d'article. Strictement limitées aux travaux mentionnés dans le texte et comportent :

***- à propos d'un article extrait de revue* :**

• noms des auteurs (six maximum) en minuscules accentuées (première lettre en capitale accentuée) suivis des initiales des prénoms sans point suivi de la mention « et al » si plus de six ;
• titre intégral dans la langue de publication (caractères latins) et d'un point ;
• titre de la revue (intégrale ou abrégé),
• année de parution, éventuellement série,
• numéro des premières et dernière pages, abrégée au plus petit chiffre explicite séparés par un trait d'union et point final, sans espace ;

Exemple: 1. Lvovschi V, Aubrun F, Bonnet P, Bouchara A, Bendahou M, Humbert B, et al. Intravenous morphine titration to treat severe pain in the ED. Am J Emerg Med 2008;26:676-82.

- à propos d'un livre :

• noms des auteurs (six maximum) en minuscules accentuées (première lettre en capitale accentuée) suivis des initiales des prénoms sans point suivi de la mention « et al » si plus de six,
• titre intégral dans la langue de publication (caractères latins) et d'un point,
• ville de l'éditeur puis deux points,
• éditeur suivi d'un point virgule,
• année de parution ;

– à propos d'un chapitre extrait d'un livre :

• noms des auteurs (six maximum) en minuscules accentuées (première lettre en capitale accentuée) suivis des initiales des prénoms sans point suivi de la mention « et al » si plus de six,
• titre du chapitre et point,
• puis « in: » suivi du ou des noms et initiales des prénoms du ou des coordinateurs suivis de « ed » ou « eds » et d'un point,
• titre du livre et point,
• ville : maison d'édition et point-virgule,
• année d'édition et point,
• numéros de la première page et de la dernière abrégée au plus petit chiffre explicite séparés par un trait d'union et point final, sans espace ;

– à propos d'une thèse :

• noms de l'auteur en minuscules accentuées (première lettre en capitale accentuée) suivis des initiales,
• titre de la thèse,
• ville suivie de deux points et de l'université puis d'un point virgule,
•année de la thèse et nombre de pages et point final.

– à propos de documents électroniques :

• noms de l'auteur si possible,
• titre du document,
• lien internet,
• date de consultation.

Comité de lecture.

Les articles sont soumis anonymement pour approbation à la lecture de deux lecteurs membres du comité ou de deux lecteurs choisis pour leur compétence en la matière. Le comité de lecture se réserve le droit de demander un complément de bibliographie. Les textes, publiés ou non, ne sont pas retournés à l'auteur.

Correction des épreuves.

L'auteur recevra avant publication, les épreuves sous format PDF soit par mail, soit imprimées de l'article pour approbation finale. Le retour dans les huit jours est impératif soit par mail ou papier. Passé ce délai, le texte sera publié tel quel sous la responsabilité de son auteur.

Obligations légales.

Les manuscrits originaux ne doivent avoir fait l'objet d'aucune publication antérieure, ni être en cours de publication dans une autre revue. Les opinions, exprimées dans les articles ou reproduites dans les analyses, n'engagent que leurs auteurs, notamment pour les médicaments. Les règles concernant l'exercice du droit d'expression dans les armées doivent être observées, particulièrement lorsqu'il s'agit d'informations nominatives ou protégées. En outre, le respect des dispositions de la loi N°2006-961 du 1er aout 2006, relative à la propriété littéraire et artistique, s'impose.

Toute correspondance doit être adressée à : M. le rédacteur en chef, secrétariat « Médecine et Armées » 1 place Alphonse Laveran – 75230 Paris Cedex 05 – Tél. : 01 40 51 47 44 – Fax : 01 40 51 51 76 –